

사출 성형 시 수지온도와 웰드품질과의 관계

노건철¹ · 이규호¹ · 장민규² · 정영득[†]

부경대학교 기계공학부^{1,†} · 부경대학교 대학원²

Realation of Injection Temperature and Weld-quality in Injection Molding

Keon-Cheol Noh¹ · Gyu-Ho Lee¹ · Min-Kyu Jang² · Yeong-Deug Jeong[†]

Dept. of Mechanical Engineering, Pukyong National University^{1,†}.

Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University²

(Accepted February 26, 2015)

Abstract : The injection molding is used in more than 70% of total production of plastic products. Weld line in injection molded part is one of the defects in injection molding process. Weld line deteriorates not only appearance quality but also mechanical property. In this study, tensile strength about material such as ABS, PP, PA and PS was tested. as the results, the first result appears that weld's strength retention ratio's are 0.90, 0.84, 0.85, 0.76 and the second result appears that weld depth decrease as processing temperature increased.

Key Words : Injection Molding, Weldline, Weld Strength, Surface Roughness, Weld Retention Ratio

1. 서 론

오늘날 하나의 금형은 제작된 후 요구되는 제품을 생산하기 위해서는 몇 차례에 걸쳐 수정이 이루어지는 것이 보통이다¹⁾. 적절한 제품설계를 함으로써 많은 문제는 해소되지만, 금형 제작자나 성형 기술자는 성형과정에서 발생하는 문제를 해결해야 하는 부담을 안고 있다. 금형 수정이 끝난 후이라도 금형은 완전한 제품을 생산하는데 많은 제한을 받고 있다²⁾. 성형 기술자는 제품의 요구 규격을 만족하는 제품을 생산하는 것이 가장 큰 과제이다. 사출 성형 제품을 생산하는데 봉착되는 문제는 재료, 제품설계, 금형 및 성형 공정 사이의 복잡한 상호작용에 있다. 이러한 상호작용은 아마도 다른 어떤 제조 공법보다 더욱 복잡하다.

금형이 제작되어 최초의 제품성형이 이루어지기

까지에는 금형설계, 제품설계 및 플라스틱 재료의 여러 대안 중의 하나를 선택해야 하며 돈과 시간이 많이 드는 선택작업이 관습화되어 있다. 이런 대안들 중에 선택이 끝났다고 하더라도 성형 제품은 성능과 원가의 측면에서 최선의 것은 아니다. 각 제품은 저마다의 과제를 갖고 있다. 각 제품의 위험도에 따라 사전 설계 레벨을 어느 정도로 할 것인지를 잘 판단해야 한다^{3,4)}.

본 연구에서는 이러한 설계단계에서 발생할 수 있는 여러 가지 위험사항들을 CAE 해석을 통하여 미리 진단하여 보고 그러한 문제점들을 미리 개선해 보고자 한다. 또한 사출성형시 빈번하게 발생하는 웰드라인 문제를 살펴보고 그것을 개선하기 위해 성형조건 변화와 재료의 특성을 파악하여 그것의 최소화에 대한 방안을 조사해보고자 한다^{5,6)}.

2. 실험용 금형의 설계 및 제작

사출 성형된 제품에서 웰드라인의 형성과 인장강

1. 부경대학교 기계공학부
† 교신저자 : 부경대학교 기계공학부
E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

도를 알아보기 위하여 Fig. 1 과 같은 시편을 준비하였다. Fig. 1 은 바깥부분에서 안으로 갈수록 좁아지는 형상으로서 2게이트로 작업시 웰드 라인의 깊이와 모양을 관찰 할 수 있고 인장시험시 파괴가 시편의 중앙부에서 일어나도록 제작되었다.

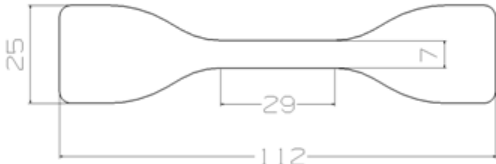


Fig. 1 Experimental specimen

Fig. 2는 실제 제작된 금형의 형상이다. 시편의 규격은 ASTM D638으로 제작 되었다. 러너는 사다리꼴 모양이며 게이트는 팬 게이트(fan gate)로 제작하였다.

본 실험을 위해 결정성 수지로 PP, PA를 사용하였고 비결정 수지로 ABS, PS 수지를 사용하였다.

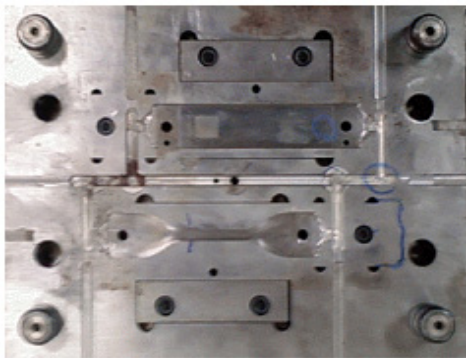


Fig. 2 A cavity shape of experimental mold

3. CAE 해석

사출 성형에서의 웰드라인의 형태를 예상하기 위하여 해석 전용 프로그램인 Moldflow MPI 2010을 이용해 웰드라인의 접합각과, 웰드라인의 길이를 파악하였고, MAPS3DV5를 이용하여 웰드라인부의 온도를 파악하였다. 모델은 실제 사출품의 치수를 측정하여 제품을 모델링하고 해석을 수행하였다.

메쉬 타입은 퓨전 메쉬(fusion mesh)를 사용하여 성형해석을 수행하였다. Fig. 3은 사출성형해석에 사용된 메쉬모델 이다.

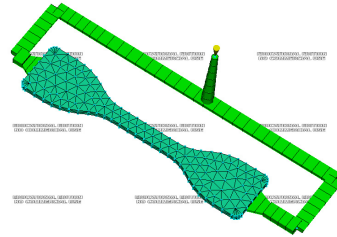


Fig. 3 Mesh model of specimen

CAE 해석결과 수지가 양쪽 끝의 게이트를 타고 흘러들어와 중앙의 접합부에서 웰드라인이 형성되는 것을 알 수 있다. Fig. 4는 해석결과에서 나타난 웰드라인의 형상을 나타낸 것이다.

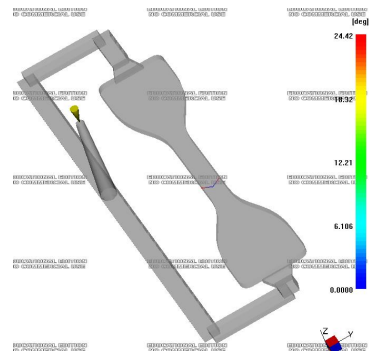


Fig. 4 Weld Line prediction

4. 실험결과

Fig. 5는 수지의 온도에 따른 웰드라인의 깊이를 측정해 보기 위하여 Mitudoyo SJ-301 표면조도계를 이용하여 측정한 웰드의 측정결과를 나타낸 것이다.

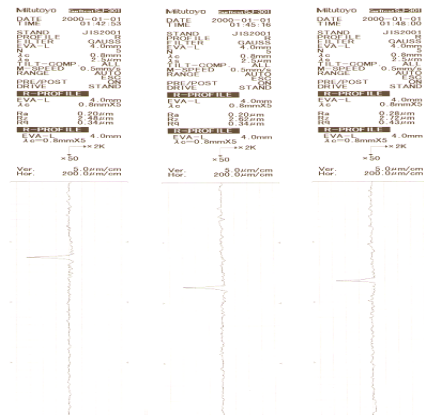


Fig. 5 Output of surface roughness

위쪽부터 최초의 측정지점이 되고, 아래로 조도계의 측정센서가 이동하면서 표면거칠기를 측정하여 나타낸다. 중간에 큰 진폭을 보이는 구간이 최대 깊이(웰드라인부)를 나타내며, 이 값을 측정하여 수지 및 온도별 웰드라인의 깊이를 나타내었다.

ABS의 표면조도를 온도에 따라 Table 1에 나타냈다. 180°C에서는 아주 작은 모습이 보이긴 하나 이때는 표면의 거칠기 값이 아주 불안정한 모습을 보이게 되며, 190~240°C까지는 안정된 표면을 나타내게 된다. 깊이의 단위는 μm 이며 200°C 지점에서 점차 감소하는 모습을 나타내고 있다. 이는 온도가 높아질수록 유동흐름이 좋아지기 때문에 표면의 거칠기 값이 낮아진다는 것을 알 수 있다.

Table 1 Surface Roughness and processing Temperature

Temperature(°C)	Surface Roughness(Rz)
180°C	2.66 μm
190°C	5.23 μm
200°C	5.55 μm
210°C	5.22 μm
220°C	4.80 μm
230°C	4.03 μm
240°C	3.59 μm

인장실험을 통한 결과 값은 Table 2에 표시 하였다. 웰드라인이 없을 경우에 강도는 $\text{PP} < \text{ABS} < \text{PS} < \text{PA}$ 순서로 강도 값이 결정되었는데, 실험 전 예측은 비결정수지인 PP 와 PA 가 상대적으로 인장강도가 높게 나올 것이라 예상 하였으나, 수지의 특성에 따라 PP 가 가장 인장력이 낮다는 것을 알 수 있었다. 웰드라인이 발생했을 때에 인장력은 $\text{PP} < \text{PS} < \text{ABS} < \text{PA}$ 순서로 형성되며, 웰드라인 발생했을 때에는 웰드라인이 형성되지 않았을 때 보다는 인장력이 상당히 작아진다는 것을 알 수 있었다. 웰드 강도 유지율(weld strength retention ratio)은 평균 83.825% 정도로 감소한다는 결과를 얻을 수 있다.

웰드라인이 생겼을 때 비교적 인장의 손실률이 작은 수지는 ABS 수지로서 웰드에 강하다는 것을 알 수 있다.

최종적으로 이번 인장실험을 수행하면서 웰드라인은 제품의 전체적인 강도와 인장에 악영향을 미친다는 것을 알게 되었다.

인장시험 결과 인장강도가 웰드라인 생성 시편인 No weld 시편보다 낮게 나타났으며, 그에 대한 웰드 강도유지율은 각각 ABS , PP , PA , PS 가 0.904, 0.841, 0.851, 0.757로 각각 나타났다.

Table 2 Tensile strength for material type (Unit : N)

ABS No Weld	ABS Weld	PP No weld	PP Weld
731.0	664.0	395.6	328.0
754.0	668.0	392.8	333.6
740.0	674.0	394.4	340.0
746.0	677.0	395.2	329.6
754.0	683.0	394.0	326.8
PA No Weld	PA Weld	PS No Weld	PS Weld
1108.0	920.0	752.0	570.0
1107.1	942.0	744.0	587.0
1110.2	989.0	758.0	578.0
1108.8	939.0	741.0	532.0
1109.0	925.0	737.0	557.0

이에 따라, 웰드라인이 없을 때를 1로 보았을 때, 각 수지별 웰드라인 생성시 웰드강도 유지율을 그래프로 Fig. 6에 나타냈다.

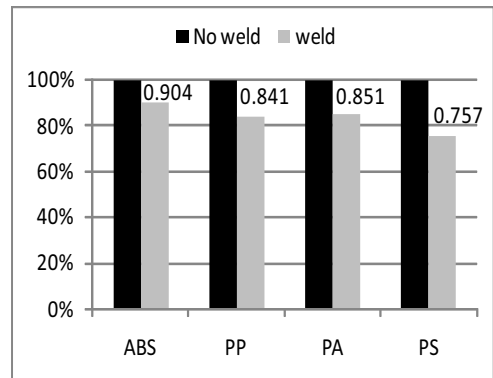


Fig. 6 Weld strength retention ratio for material types

4. 결론

본 연구는 결정성수지와 비결정성 수지를 대상으로 성형온도에 따라 발생하는 웰드품질에 대한

실험적 연구를 수행하였으며, 본 연구의 주요한 결과는 다음과 같다.

- 1) ABS의 경우에 사출온도가 증가함에 따라 웰드라인 생성부의 깊이는 점점 감소하였다.
- 2) 수지종류 별 웰드강도 유지율은 ABS가 가장 높았으며, PS가 가장 낮게 나타났다.
- 3) 수지종류별 인장강도는 PA>ABS>PS>PP순으로 나타났으며, 그 중 가장 인장강도가 높은 것은 약 177MPa로 나타났다.

5. 참고문헌

- 1) 정영득, 박태원, 김현필, “플라스틱 성형을 위한 알기쉬운 금형설계”, 도서출판 인터비전, pp. 333-341, 2003.
- 2) John P. Beaumont, "Runner and Gating Design Handbook", Hanser Publishers, p. 268.
- 3) 정영득, 구분홍, “사출성형해석에 의한 제품 및 금형설계”, 도서출판 인터비전, pp. 239-246. 2005.
- 4) 모정혁 · 홍영식 · 류민영, “사출성형품의 웰드라인 강도에 관한연구” 한국소성가공학회 논문집, pp. 211-216, 2003.
- 5) Jay Shoemaker, "Moldflow Design Guide", HANSER, p. 158.
- 6) 권태현, 박성진, 윤경환, 이상봉, 정영득 공역, “사출성형 CAE 설계지침”, 문운당, p. 109, 2004.